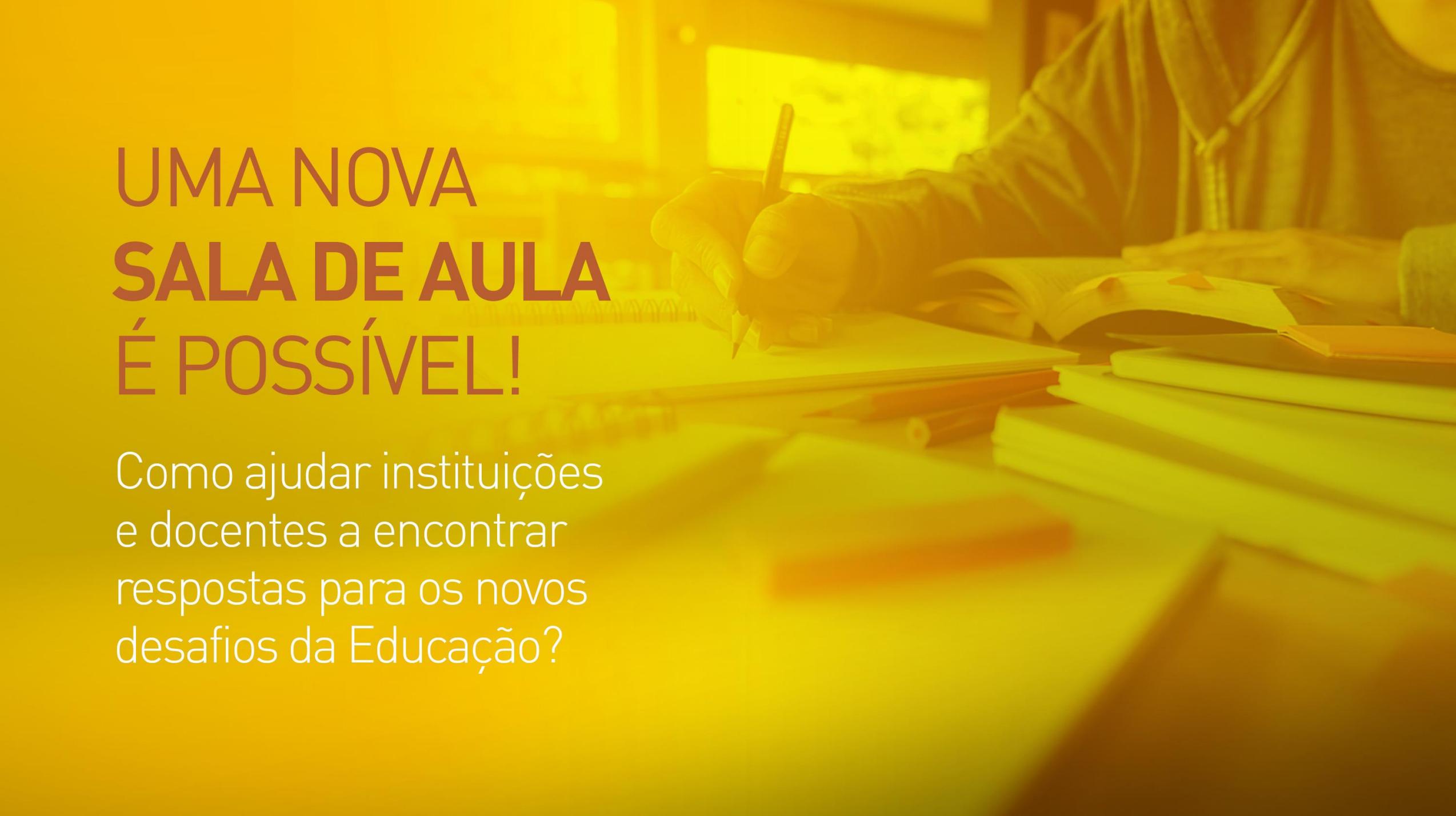


GEN | LTC

GABRIEL ELMÔR FILHO

D.SC. PROFESSOR DO INSTITUTO
MILITAR DE ENGENHARIA - **IME**





UMA NOVA SALA DE AULA É POSSÍVEL!

Como ajudar instituições
e docentes a encontrar
respostas para os novos
desafios da Educação?



CENÁRIO **DISRUPTIVO!**

Negócios e empresas
estão desaparecendo!

CENÁRIO DISRUPTIVO!

Negócios e empresas estão desaparecendo!



Telefonia, Fotografia, Locadoras de Filme, Agências de Viagem, Música, Livros...



SMARTPHONES

E A **EDUCAÇÃO**?



A Objetoteca



Tecnologias disruptivas

Novas abordagens de aprendizagens



DESAFIOS

E-BOOKS



QUESTÕES ENADE

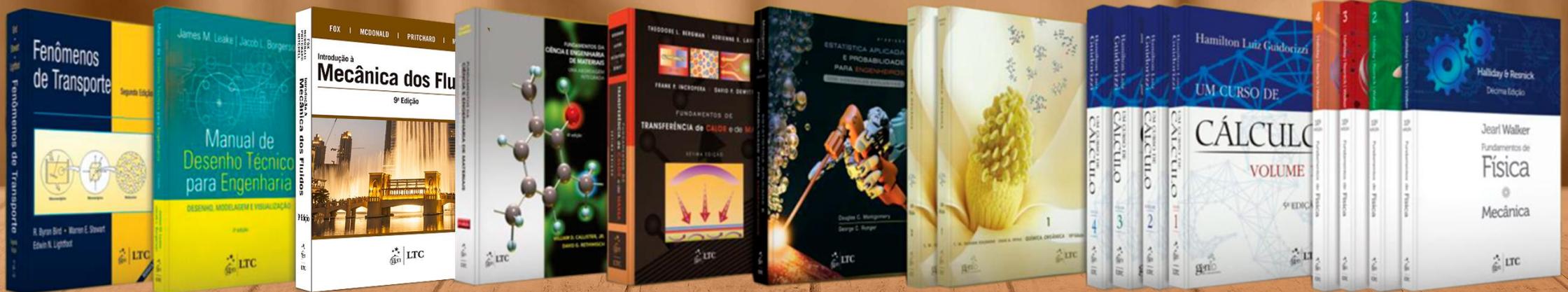
BANCO DE QUESTÕES

AVALIAÇÕES DIAGNÓSTICAS

DISCIPLINAS ONLINE

E-BOOKS

MAIS DE **500**
OBRAS



Disciplinas Online: mais de 1.000 videoaulas

Pré-Cálculo

Álgebra Linear

Química Orgânica

Introdução à Engenharia

**Geometria Analítica
e Cálculo Vetorial**

Química Geral 1 e 2

Cálculo

1, 2, 3 e 4

Cálculo Numérico

Termodinâmica

**Matemática
Financeira**

**Probabilidade
e Estatística**

Física

1, 2, 3 e 4

Mecânica 1 e 2

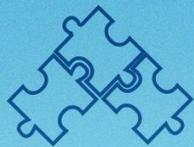
**Fenômenos
de Transporte**

**Fundamentos
de Resistência
dos Materiais**

Em breve:

Ciências do Ambiente, Eletricidade Aplicada, Desenho Técnico, Introdução à Ciência da Computação, Mecânica dos Fluidos e Transferência de Calor e Massa.

COMO SÃO AS DISCIPLINAS ONLINE



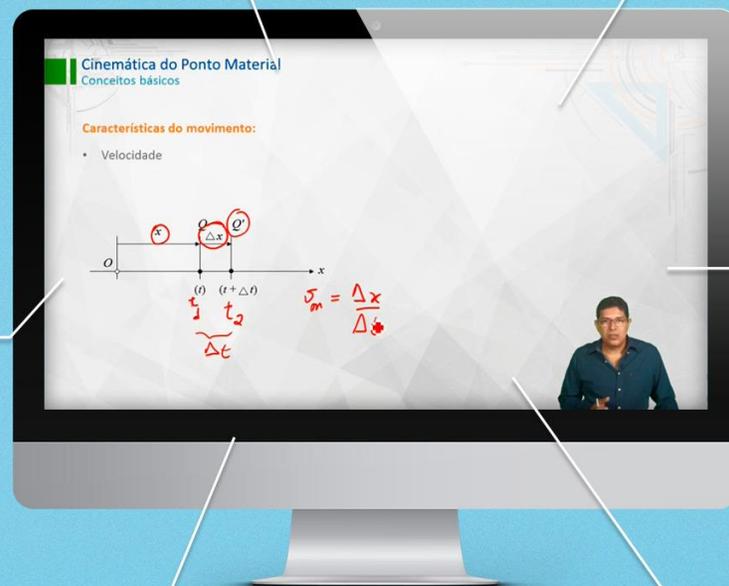
Teoria e prática integrados



Linguagem direta



Abordagem contextualizada



Duração média
15 minutos



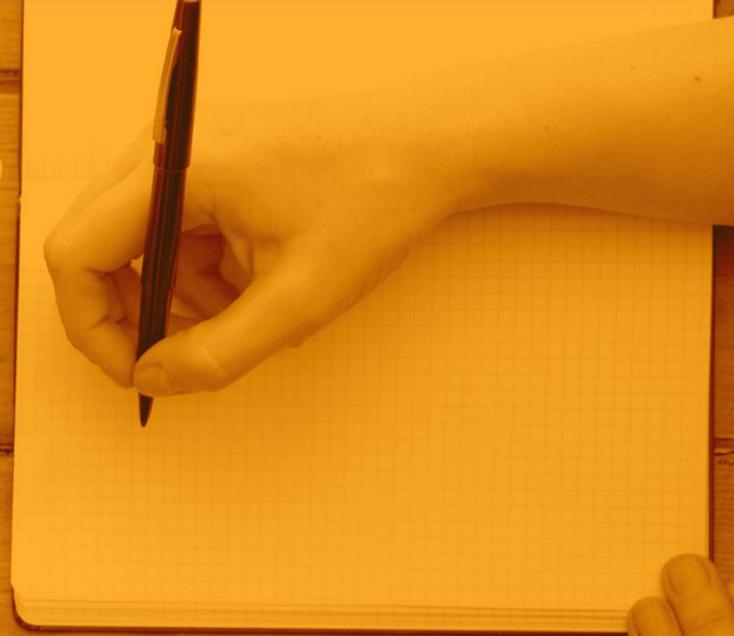
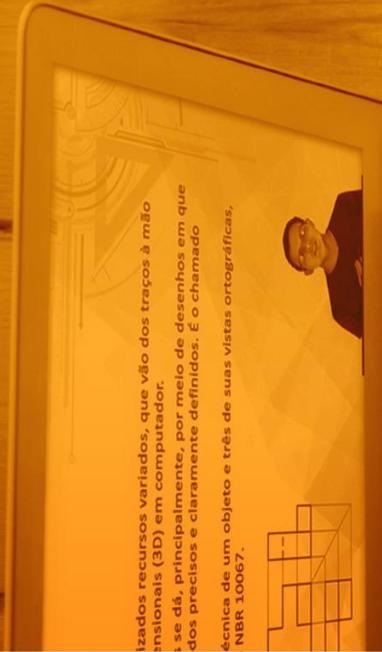
Conteúdos essenciais



Exercícios resolvidos



Videoaulas com resolução de questões do Enade

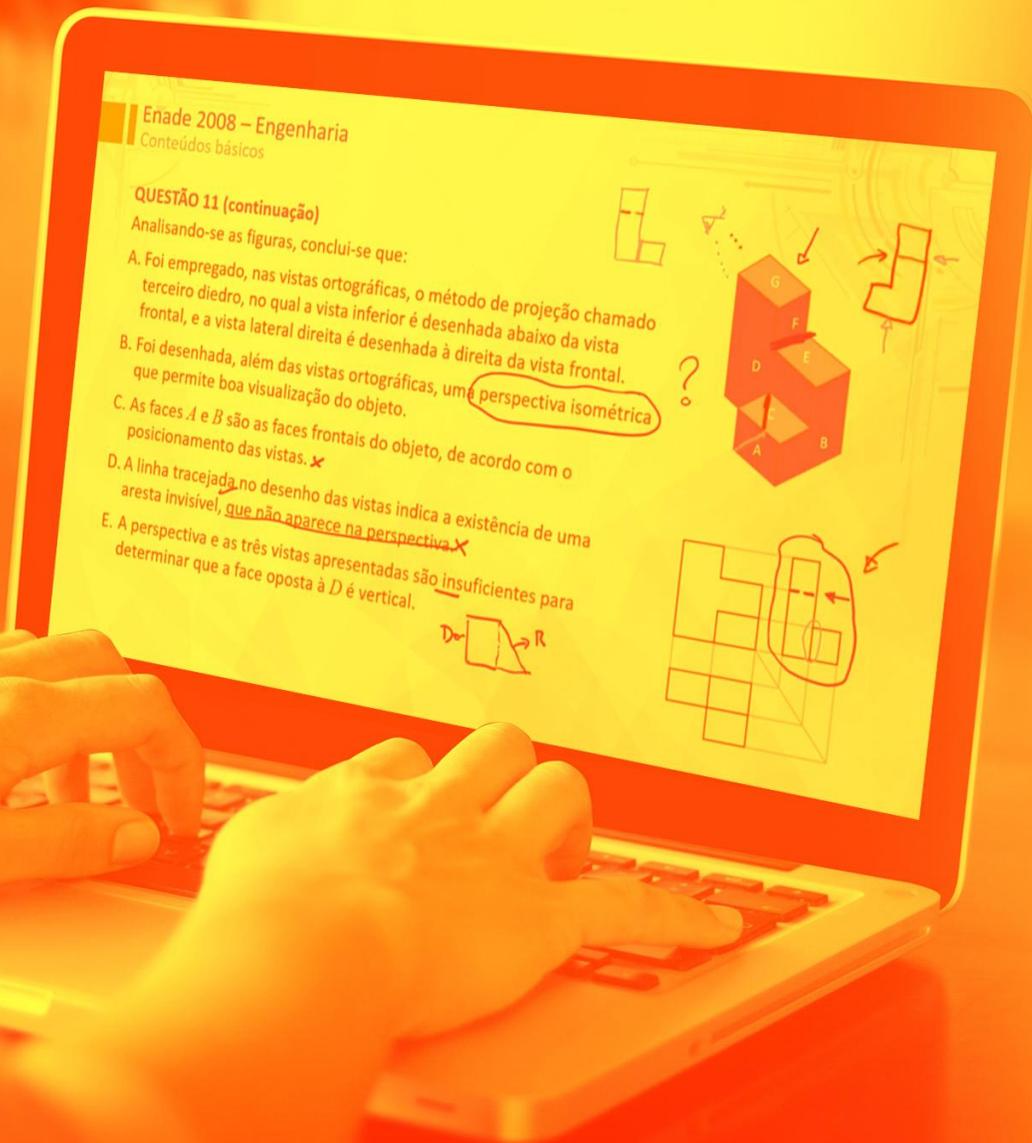


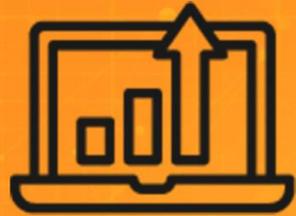


Banco de questões

Questões para disciplinas do Ciclo Básico

Questões com gabarito detalhado





Avaliações
diagnósticas



Avaliações com
mapeamento do
conhecimento



Desafios



Quizzes*



Casos reais

*Em desenvolvimento

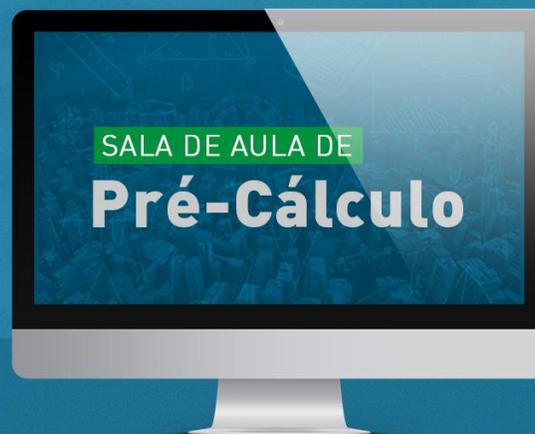


O QUE FAZER

COM TODOS ESSES OBJETOS?

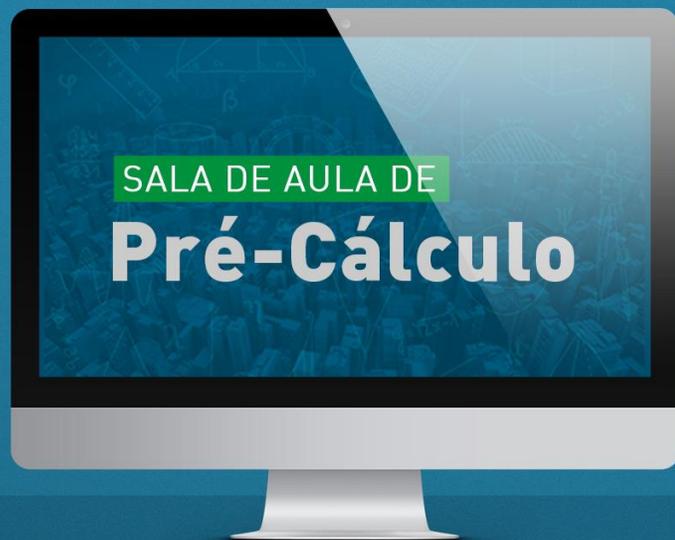
SALAS DE AULA

Em breve



* Planos de aula, leituras recomendadas ou programadas.

** Temáticas e propostas de trabalho em grupo, propostas de temas para fóruns, quizzes e bancos de questões.



SALA DE AULA DE
PRÉ-CÁLCULO

Ambiente exclusivo para o nivelamento de estudantes em Matemática.

Aproximadamente
60% de
EVASÃO

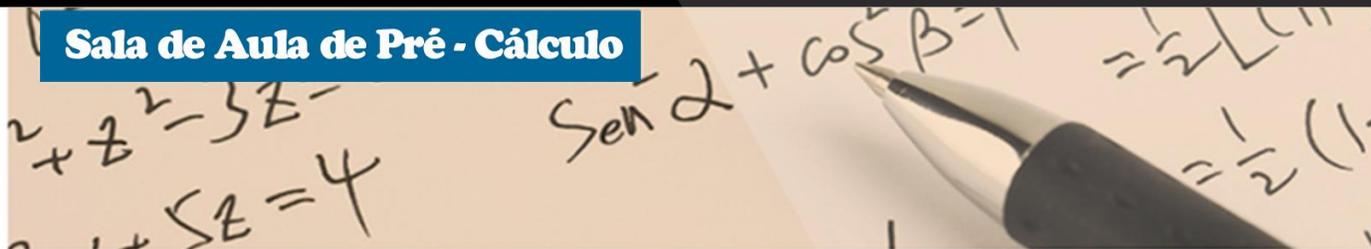
em cursos de Engenharia por falta de noções básicas de Matemática.



66º lugar
em Matemática,
ranking de 70 países

Resultados do Brasil no Programa Internacional de Avaliação de Alunos **(PISA)**

Sala de Aula de Pré - Cálculo



Bem-vindo à Sala de Aula de Pré-Cálculo

Este é um espaço para aprender, revisar e aprofundar conteúdos importantes para a disciplina de Cálculo. Navegue pelas videoaulas, faça exercícios e consulte o livro de referência nesta área. Construa a sua trilha de aprendizagem!



Conjuntos Numéricos



Potenciação



Equações



Plano Cartesiano



Introdução à Funções

Ambiente exclusivo com tudo que um estudante deve saber sobre nivelamento de Matemática

SIMULADO DE AVALIAÇÃO DIAGNÓSTICA

75

QUESTÕES

15

TEMAS

05

EXERCÍCIOS



**Avaliação
personalizada**

Define os pontos fracos
e fortes dos estudantes



e oferece a revisão
dos conteúdos por meio
de videoaulas exclusivas.

Conjuntos Numéricos

Teste seu conhecimento



Desafio: você já sabe a matéria?



A Reta Real



Estudar pelo livro



Material para estudo: páginas de 1 à 6



Assistir videoaulas



Conjuntos Numéricos



Exercícios com resolução



Exercícios



Diferentes objetos para o estudante escolher a melhor maneira de estudar: videoaulas, exercícios com respostas e mais

Navegação não linear para mais autonomia do estudante

A cereja do bolo: mapeamento do conhecimento

Exercício com mapeamento do conhecimento

Esta lição corresponde a 0 pontos. Você recebeu 0 ponto(s) de um total de 0 pontos até agora.

Para cada um dos itens a seguir, diga se a afirmação é verdadeira ou falsa.

- a) -2 não é um número inteiro natural.
- b) $5,88$ é um número racional não inteiro.
- c) $1,2424242\dots$ não é um número racional.
- d) $\sqrt{2}$ é um número racional não inteiro.
- e) $\frac{3}{5}$ é um número real e é inteiro.

- FVVF
- VVVF
- WFFF
- FFVF
- FFVV

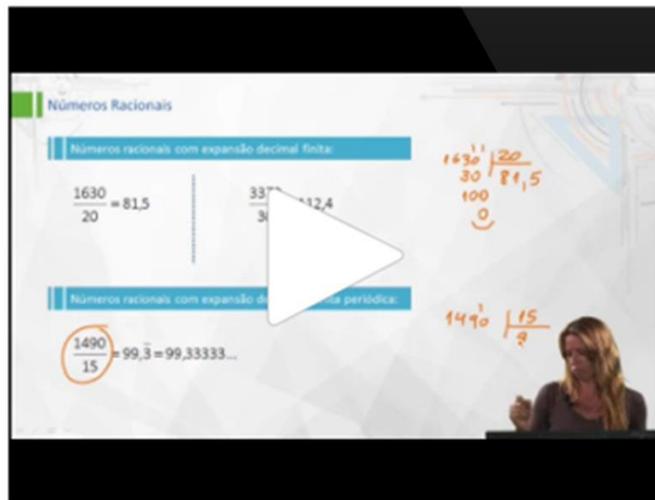
Enviar

**Exercício
com mapeamento
do conhecimento**

Exercício com mapeamento do conhecimento

Esta lição corresponde a 0 pontos. Você recebeu 0 ponto(s) de um total de 1 ponto até agora.

Assista ao vídeo



Continuar

Atividade
personalizada

Exercício com mapeamento do conhecimento

Esta lição corresponde a 0 pontos. Você recebeu 0 ponto(s) de um total de 1 ponto até agora.

Após os números dados, são feitas afirmações sobre eles; para cada uma delas, marque V se a afirmação for verdadeira e marque F se for falsa.

- | | | |
|----------------------------|------------------------------|--------------------------|
| i) $0,23232323\dots$ | iv) $e = 2,71828128\dots$ | vii) $1,4242424242\dots$ |
| ii) $1,777777\dots$ | v) $0,124124124\dots$ | viii) $1,75$ |
| iii) $0,257421890023\dots$ | vi) $\pi = 3,141592653\dots$ | ix) $0,325$ |

- a) Todos os números são irracionais.
- b) Todos os números são racionais.
- c) O número no item (iii) parece ter uma representação infinita e não periódica, logo deve ser irracional.
- d) O número no item (v) é racional, pois é uma dízima periódica com período $p = 124$.
- e) Exatamente seis desses números são racionais.

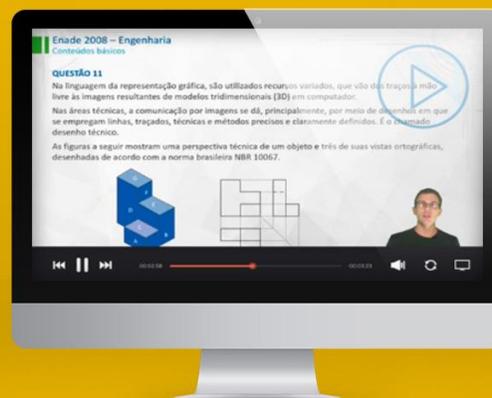
Assinale a opção que contém a sequência correta.

**Revisão
final**

PROGRAMA DE APOIO AO ENADE (PAE)



SENSIBILIZAÇÃO



REVISÃO



QUESTÕES

10 CONHECIMENTOS GERAIS
(7 OBJETIVAS E 3 DISCURSIVAS)

10 OBJETIVAS DE
CONTEÚDO BÁSICO

20 CONHECIMENTOS ESPECÍFICOS
DAS PRINCIPAIS HABILITAÇÕES
DAS ENGENHARIAS
(17 OBJETIVAS E 3 DISCURSIVAS)

PRÁTICA

TRILHAS DE APRENDIZAGEM

APOIO AO PROFESSOR



PREPARADO COM BASE EM
METODOLOGIAS ATIVAS DE APRENDIZAGEM

3 MOMENTOS NO
PROCESSO DE
APRENDIZAGEM

COMPOSTAS POR

15 PLANOS
DE AULA



Termodinâmica

Trilha de Aprendizagem

PLANO DE AULA



PLANO DE AULA – Termodinâmica

EMENTA	
	<ul style="list-style-type: none"> Sistemas abertos, fechados e isolados. Propriedades, estados e processos. Sistema internacional de unidades e unidades inglesas de engenharia. Definição de massa, volume, número de mols. Pressão. Definição. Unidades de pressão. Temperatura. Escalas de temperatura. Conversão de unidades.
AULA 1 - Conceitos Introdutórios e Definições	

1 Objetivos

- Entender as diferenças entre sistemas abertos, fechados e isolados.
- Apresentar o conceito de volume de controle, aplicando em alguns exemplos típicos.
- Definir propriedade, estado e processo. Apresentar as diferenças entre propriedades extensivas e intensivas.
- Apresentar o conceito de processo em regime permanente.
- Definir o conceito de equilíbrio termodinâmico.
- Trabalhar com conversões de unidades para diversas grandezas.
- Entender a diferença entre pressão absoluta e pressão manométrica.

1 Pré-Aula

Sugestão:

Solicitar que os alunos leiam os conteúdos abaixo.



Moran Princípios de Termodinâmica para Engenharia	
Páginas	Tópicos
4	Definindo Sistemas
6-7	Volumes de Controle
8	Propriedade, Estado e Processo
8	Propriedades Extensivas e Intensivas
9	Equilíbrio
11	Unidades Inglesas de Engenharia
13	Medidas de Pressão
14	Unidades de Pressão
17	Escalas de Temperatura Kelvin e Rankine. Escalas Celsius e Fahrenheit
Videoaula	Título
1.1	Introdução

2 Aula

Este capítulo apresenta diversos conceitos fundamentais para o estudo da Termodinâmica. O professor pode enfatizar os conceitos de propriedades, estados, processos e a ideia do equilíbrio termodinâmico. Após a apresentação desses conceitos, sugere-se a apresentação das ideias de sistemas de unidades, que motivam o estudo de caso. O estudo de caso sugerido trabalha com conversões de unidades para pressão (mmHg, bar, mbar, atm), além de abordar a diferença entre pressão absoluta e pressão manométrica. Envolve, ainda que de forma ilustrativa, a apresentação de uma parametrização extremamente útil para cálculos de pressões de saturação de fluidos puros (a equação de Antoine).

Estudo de Caso

A equação de Antoine é uma correlação empírica entre a temperatura e a pressão de saturação para um fluido puro. Uma das versões da equação de Antoine é dada por

$$p^{sat} = 10^{\left(A - \frac{B}{T+C}\right)}$$

em que o índice "sat" refere-se à condição de saturação, P e T são a pressão e a temperatura, respectivamente. As constantes A , B e C são características da substância em questão. Consideremos um fluido hipotético em que as constantes são $A = 7$, $B = 1270$, e $C = 230$. Neste caso, a temperatura deve ser fornecida em °C e a pressão é calculada em mmHg. Um engenheiro obteve uma leitura em um ebuliômetro (equipamento empregado para medição de equilíbrios de fases) de uma temperatura de 74 °C para uma pressão absoluta de 800 mbar. A leitura da pressão é feita através de uma interface digital do ebuliômetro.



Termodinâmica

Trilha de Aprendizagem

Na próxima aula...

- Energia e a Primeira Lei da Termodinâmica.

Qual o valor da temperatura prevista pela equação de Antoine para o fluido? O ebuliômetro dispõe de um manômetro com escala de -1 até 5 bar e divisões em 0,1 bar. Qual seria a leitura do manômetro nesta situação?

Solução

Como a equação em questão apresenta resultados em mmHg, o primeiro passo é a conversão da pressão desejada em mbar (800 mbar) para mmHg. Logo,

$$p^{sat} = 800 \text{ mbar} \times \frac{1 \text{ bar}}{1000 \text{ mbar}} \times \frac{1 \text{ atm}}{1,01325 \text{ bar}} \times \frac{760 \text{ mmHg}}{1 \text{ atm}} = 600,05 \text{ mmHg}$$

Considerando a equação de Antoine e tomando-se o logaritmo em base 10 de ambos os lados da equação,

$$\log_{10}(p^{sat}) = A - \frac{B}{T+C} \Rightarrow \frac{B}{T+C} = A - \log_{10}(p^{sat})$$

Então,

$$T+C = \frac{B}{A - \log_{10}(p^{sat})} \Rightarrow T = \frac{B}{A - \log_{10}(p^{sat})} - C$$

Substituindo o valor de pressão em mmHg na equação de Antoine (agora explicitada para a temperatura), obtém-se

$$T = \frac{1270}{7 - \log_{10}(600,05)} - 230 = 70,82^\circ \text{C}$$

Portanto, o valor previsto pela equação de Antoine é de 70,82 °C.

O manômetro – como o próprio nome indica – mede pressões manométricas. Considerando que a pressão absoluta é de 800 mbar (0,8 bar) e o manômetro está graduado em divisões de 0,1 bar e com -1 bar para o menor valor medido, a medida do manômetro deve ser de -0,2 bar.

3 Pós-Aula

Discussão: Classifique as seguintes propriedades como intensivas ou extensivas:

- Volume específico (Propriedade intensiva)
- Volume (Propriedade extensiva)
- Massa específica (Propriedade intensiva)
- Massa (Propriedade extensiva)
- Pressão (Propriedade intensiva)
- Temperatura (Propriedade intensiva)

PRINCÍPIOS DE TERMODINÂMICA PARA ENGENHARIA

Michael J. Moran • Howard N. Shapiro
Daisie D. Boettner • Margaret B. Bailey

8ª Edição



GRÁTIS





Mecânica dos Fluidos

Trilha de Aprendizagem



Mecânica dos Fluidos

Trilha de Aprendizagem

PLANO DE AULA



PLANO DE AULA – Mecânica dos Fluidos

- | EMENTA | Conteúdos |
|--------|---|
| | <ul style="list-style-type: none"> Definição, importância e aplicações Diferença entre sólido e fluido Métodos de descrição do escoamento Hipótese do contínuo Campo de velocidade |

AULA 1 | Introdução e Conceitos Fundamentais

Objetivos

GERAIS

- Apresentar conceitos fundamentais para o estudo da Mecânica dos Fluidos, que serão mencionados ao longo de toda a disciplina;
- Abordar o campo de velocidade de um fluido e as ferramentas para sua análise e classificação.

ESPECÍFICOS

- Entender o objetivo do estudo da Mecânica dos Fluidos;
- Saber diferenciar sólidos e fluidos pelo seu comportamento mecânico, além das diferenças já apontadas no Ensino Médio;
- Aprender conceitos fundamentais abordados na Mecânica dos Fluidos;
- Entender o conceito de linhas de escoamento como uma importante ferramenta para análise dos fluidos em movimento e saber como obtê-las a partir do campo de velocidade.

1 Pré-Aula

Sugestão:

Solicitar que os alunos leiam os conteúdos abaixo.



Fox Introdução à Mecânica dos Fluidos	
Páginas	Tópicos
2 a 5	Apresentação da Mecânica dos Fluidos, seu escopo, exemplos de aplicação na Engenharia e definição de fluido.
6 a 8	Formulação diferencial versus integral (Métodos de Análise).
8 a 10	Abordagem euleriana e lagrangiana (Métodos de Descrição).
19 a 21	Conceito da hipótese do contínuo.
21 a 23	Campo de velocidade, classificação dos tipos de escoamento pela dimensionalidade (uni, bi e tridimensional), regime temporal (permanente e transiente).
23 a 27	Linhas de escoamento (linhas de tempo, trajetórias, emissão e corrente).

2 Aula

a) O professor deve fazer uma apresentação sobre o tema Mecânica dos Fluidos. Imagens e vídeos disponíveis na internet auxiliam na ilustração da aplicação e da importância desse assunto em diferentes engenharias. Recomenda-se também a apresentação do vídeo sobre a ponte de Tacoma Narrows, que em 1940 caiu por causa da falta de conhecimento dos projetistas sobre o comportamento dinâmico do ar (fluido) ao atravessá-la.

b) Recomenda-se a revisão dos conceitos estudados pelo aluno na fase Pré-Aula. Acrescentar que os métodos de solução de problemas envolvendo fluidos podem ser divididos em equações integrais, equações diferenciais e métodos experimentais. As equações diferenciais podem ser resolvidas por métodos computacionais, o que é estudado em *Computational Fluid Dynamics (CFD)* ou *Dinâmica dos Fluidos Computacional (DFC)*. Apontar diferenças, vantagens e desvantagens entre esses métodos.

c) A lista de campos de velocidade abaixo deve ser aplicada para classificação quanto à dimensionalidade do escoamento. É preciso ressaltar a diferença entre quantidade de componentes da velocidade (u , v e w) e quantidade de direções (x , y e z) ao longo das quais há variação do escoamento, o que é efetivamente utilizado para classificação. Ou seja, os exemplos que podem induzir ao erro devem ser ressaltados

$$\vec{V} = [(ax+1)e^y]i$$

$$\vec{V} = axi + [e^y]j$$

$$\vec{V} = axi + [e^y]j$$

$$\vec{V} = axi + [e^y]j + ayk$$

$$\vec{V} = (ax-by)l$$

$$\vec{V} = axi + byj + azk$$

$$\vec{V} = axi + byj + ayk$$

$$\vec{V} = axi + [e^y]j + azk$$

$$\vec{V} = axi + [e^y]j + azk$$

d) O Exemplo 2.1 pode ser resolvido em aula, com tempo para discussões e dúvidas dos alunos.

e) As afirmações presentes na lista de exercícios devem ser avaliadas entre verdadeiras ou falsas, discutindo-se com os alunos o motivo de cada resposta e suas respectivas alternativas. Essas avaliações permitirão verificar o conteúdo assimilado pelo aluno.



Mecânica dos Fluidos

Trilha de Aprendizagem

Estudo de Caso

Preencha com V (verdadeiro) ou F (falso)

- () Os fluidos raramente interagem com os sólidos. Por isso a Mecânica dos Fluidos é uma área pouco estudada na Engenharia.
- () O que ocorreu com a ponte de Tacoma em 1940 é um exemplo da importância do estudo do comportamento dos fluidos em regime dinâmico e a sua interação com as estruturas sólidas.
- () A Mecânica dos Fluidos se dedica ao estudo do comportamento dos fluidos apenas em regime dinâmico. Para o regime estático, dá-se o nome de hidrostática.
- () Em redes de distribuição de água, a manobra de válvulas para alternância de setores de abastecimento pode acarretar em um escoamento bifásico (água e ar).
- () A utilização de CFD (*Computational Fluid Dynamics*) elimina, totalmente, a necessidade da realização de experimentos.
- () O CFD (*Computational Fluid Dynamics*) permite a simulação do escoamento de um fluido em diversas configurações e cenários, reduzindo, ao final, o número de testes experimentais necessários para um projeto de Engenharia.
- () O escoamento em dutos que transportam o escoamento dos poços às plataformas é, tipicamente, multifásico (óleo, gás e água de formação).
- () Os testes experimentais são, em geral, mais caros que a modelagem computacional, porém produzem resultados mais confiáveis.
- () Os sólidos têm forma bem definida, enquanto os fluidos sofrem grandes deformações, adequando-se ao ambiente. Essa diferença é suficiente para definição dos fluidos no âmbito da Mecânica dos Fluidos.
- () Algumas substâncias possuem comportamento ambíguo, podendo ser classificadas como sólido ou fluido, dependendo do intervalo de tempo analisado. Como exemplo, pode ser citado o solo saturado em uma encosta.
- () "Se tens que lidar com água, consulta primeiro a experiência, depois a razão" (Leonardo da Vinci). Essa frase é muito aplicada para o estudo do comportamento dos fluidos.
- () Na Mecânica dos Fluidos, raramente utilizam-se conhecimentos teóricos e empíricos em um mesmo estudo.
- () Ao decorrer do tempo, a abordagem euleriana analisa as propriedades do fluido (ex: massa específica, velocidade, pressão e temperatura) em pontos (coordenadas) do espaço, enquanto a abordagem lagrangiana acompanha a partícula, analisando suas propriedades e posição (x , y e z).
- () A abordagem euleriana tem como incógnitas os deslocamentos, e a lagrangiana, as velocidades.
- () A maioria dos problemas da Engenharia envolve dimensões muito superiores ao volume mínimo necessário para consideração da hipótese do contínuo.
- () Na análise da massa específica de um fluido, a incerteza microscópica se deve às variações causadas pela quantidade de moléculas abrangidas, enquanto a incerteza macroscópica pode ser causada pela variação da pressão no espaço.
- () A hipótese do contínuo considera que as distâncias entre as moléculas são muito maiores que as suas dimensões e, consequentemente, que o fluido é uma matéria discreta.
- () O volume a partir do qual a hipótese do contínuo pode ser considerada para a análise de líquidos e gases é, aproximadamente, 10^3 mm^3 .
- () As linhas de corrente e emissão são obtidas por representações gráficas de determinado instante do escoamento, diferentemente

3 Pós-Aula

Exercícios selecionados	
Tópicos	Temas
Exemplos 1.17, 1.18, 1.19, 1.23	Conversão de unidades
Exemplo 1.3, Problema 1.11	Introdução ao conceito de força de arrasto e velocidade terminal
Problema 2.4	Linhas de corrente

Atividades práticas complementares (laboratório)

Temas	Objetivos
Túnel de vento	Visualizar as linhas de corrente em diferentes modelos.
Densímetros	Determinar massa específica de fluidos comuns, como: água, azeite, óleo de cozinha e shampoo

Sugestões complementares

FOX | MCDONALD | PRITCHARD | MITCHELL

Introdução à Mecânica dos Fluidos

9ª Edição



Estudo de Caso 15.1

Os navios bombeiros têm como objetivo combater incêndios em embarcações vizinhas. Para a garantia da vazão e da pressão requerida é necessário a escolha do conjunto motor-bomba em função da análise do sistema.



© RanieriMeloni | istockphoto.com

Considere os seguintes dados para o projeto de um navio bombeiro:

- Vazão volumétrica necessária: $230 \text{ m}^3/\text{h}$;
- Velocidade requerida no bocal de saída para alcançar a distância mínima de combate a incêndio: 30 m/s ;
- Diâmetro da tubulação de recalque: $6''$;
- Material da tubulação de recalque: aço comercial;
- Comprimento da tubulação de recalque: 25 m ;
- Desnível entre o nível d'água na sucção e o bocal de saída: 20 m ;
- Singularidades: 2 x cotovelo de 90° flangeado ($K = 0,3$), 2 x cotovelo de 45° flangeado ($K = 0,2$), 2 x válvula de gaveta aberta ($K = 0,2$), 10 x acoplamento ($K = 0,08$), entrada com borda-viva ($K = 0,5$);
- Rotação da bomba: 3500 rpm ;

Calcule:

- 1) O diâmetro do bocal de saída.
- 2) A velocidade na tubulação de recalque.
- 3) O número de Reynolds, classificando o escoamento.
- 4) A perda de carga distribuída na tubulação de recalque.
- 5) A perda de carga localizada.
- 6) Desprezando as perdas de carga na sucção e no bocal de saída, a carga H da bomba.
- 7) A potência hidráulica, conforme a Eq. 10.3a.
- 8) A velocidade específica da bomba, conforme a equação da figura 10.9.
- 9) Com base no gráfico da Figura 10.9 do livro, estime a eficiência da bomba.
- 10) A potência mecânica que deve ser entregue pelo motor para bomba, conforme a Eq. 10.3c.

3 Pós-Aula

Exercícios selecionados

Tópicos	Tema
Exemplos 10.4 e 10.6	Bombas
Exemplo 10.10	Ventilador
Exemplo 10.11	Bomba de deslocamento positivo
Exemplos 10.13 e 10.14	Turbina de impulsão
Exemplos 10.15 e 10.17	Hélice
Exemplo 10.18	Turbina eólica

Atividade prática complementar (laboratório)

Tema	Objetivo
Bancada de bomba centrífuga	Obtenção das curvas características

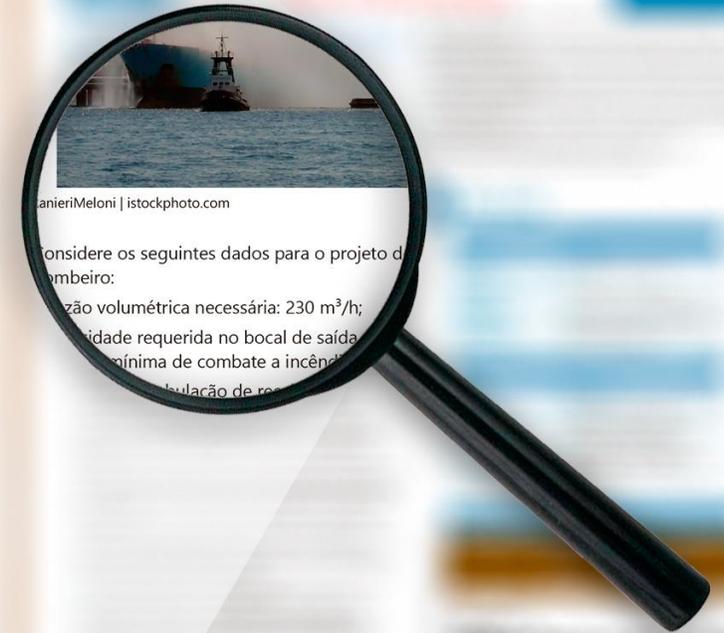
Sugere-se visitar as instalações de sistemas de bombeamento prediais e residenciais para colher informações sobre as características e especificações dos equipamentos.

Sugestão complementar

- Um possível trabalho extraclasse seria reunir os alunos em grupos e passar todos os dados de uma rede que forem necessários para a escolha de uma bomba, com base em catálogos de fabricantes disponíveis na internet. Após escolhida uma bomba cuja curva característica atenda à demanda de projeto, o grupo deveria determinar graficamente o ponto de operação da bomba.

Observação

- Apesar de não muito complexo, o conteúdo deste capítulo é muito extenso, quando são abordados todos os tipos de turbomáquinas. Portanto, o professor deve avaliar as disciplinas que têm Mecânica dos Fluidos como pré-requisito para determinar qual ênfase será dada. Neste plano de aula, o conteúdo foi concentrado em bombas.



RanieriMeloni | istockphoto.com

Considere os seguintes dados para o projeto de um navio bombeiro:

• Vazão volumétrica necessária: $230 \text{ m}^3/\text{h}$;

• Velocidade requerida no bocal de saída para alcançar a distância mínima de combate a incêndio: 30 m/s ;

• Diâmetro da tubulação de recalque: $6''$;

• Material da tubulação de recalque: aço comercial;

• Comprimento da tubulação de recalque: 25 m ;

• Desnível entre o nível d'água na sucção e o bocal de saída: 20 m ;

• Singularidades: 2 x cotovelo de 90° flangeado ($K = 0,3$), 2 x cotovelo de 45° flangeado ($K = 0,2$), 2 x válvula de gaveta aberta ($K = 0,2$), 10 x acoplamento ($K = 0,08$), entrada com borda-viva ($K = 0,5$);

• Rotação da bomba: 3500 rpm ;

Calcule:

1) O diâmetro do bocal de saída.

2) A velocidade na tubulação de recalque.

3) O número de Reynolds, classificando o escoamento.

4) A perda de carga distribuída na tubulação de recalque.

5) A perda de carga localizada.

6) Desprezando as perdas de carga na sucção e no bocal de saída, a carga H da bomba.

7) A potência hidráulica, conforme a Eq. 10.3a.

8) A velocidade específica da bomba, conforme a equação da figura 10.9.

9) Com base no gráfico da Figura 10.9 do livro, estime a eficiência da bomba.

10) A potência mecânica que deve ser entregue pelo motor para bomba, conforme a Eq. 10.3c.



Estudo de Caso 15.1

1) O diâmetro do bocal de saída.

$$Q = VA \rightarrow A = \frac{Q}{V} = \frac{230}{3600} = 2,13 \cdot 10^{-3} \text{ m}^2$$

$$A = \frac{\pi D^2}{4} \rightarrow D = \sqrt{\frac{4A}{\pi}} = \sqrt{\frac{4 \cdot (2,13 \cdot 10^{-3})}{\pi}} = 0,052 \text{ m} = 50 \text{ mm}$$

O diâmetro comercial mais próximo é de 2" (≅ 50 mm).

2) A velocidade na tubulação de recalque.

Conforme enunciado, o diâmetro na tubulação de recalque é de 6", portanto

$$A_r = \frac{\pi D_r^2}{4} = \frac{\pi (6 \cdot 0,0254)^2}{4} = 0,0182 \text{ m}^2$$

A velocidade média na tubulação de recalque será então

$$\bar{v} = \frac{Q}{A_r} = \frac{230/3600}{0,0182} = 3,51 \text{ m/s}$$

3) O número de Reynolds e classifique o escoamento.

$$Re = \frac{\rho \bar{v} D}{\mu} = \frac{1000 \cdot 3,51 \cdot (6 \cdot 0,0254)}{10^{-3}} = 5,34 \cdot 10^5$$

Portanto, trata-se de um escoamento interno, turbulento, incompressível e viscoso.

4) A perda de carga distribuída na tubulação de recalque.

A rugosidade de aço comercial é $e = 0,046 \text{ mm}$ (Tabela 8.1).

Os dados necessários para o cálculo do fator de atrito são:

- rugosidade relativa: $\frac{e}{D} = \frac{0,046 \cdot 10^{-3}}{6 \cdot 0,0254} = 0,000302$
- Reynolds: $Re = 5,34 \cdot 10^5$

Com esses valores, o fator de atrito de Darcy pode ser calculado diretamente pela equação aproximada de Haaland (pag. 321)

$$\frac{1}{\sqrt{f}} = -1,8 \log \left[\frac{(e/D)^{1,11}}{3,7} + \frac{6,9}{Re} \right] \rightarrow f = 0,0161$$

A perda de carga maior (distribuída) é então calculada pela equação de Darcy (eq. 8.35)

$$H_l = f \frac{L V^2}{D 2g} = 0,0161 \frac{25}{(6 \cdot 0,0254)} \frac{(3,51)^2}{2 \cdot 9,8} = 1,66 \text{ m}$$

5) A perda de carga localizada.

A perda de carga localizada (menor) é calculada pela equação 8.40 (dividida pela gravidade)

$$H_{l_m} = K \frac{V^2}{2g}$$

A soma dos coeficientes de perda de carga de todas as singularidades será

$$K = 2 \cdot 0,3 + 2 \cdot 0,2 + 2 \cdot 0,2 + 10 \cdot 0,08 + 0,5 = 2,7$$

Então

$$H_{l_m} = 2,7 \frac{(3,51)^2}{2 \cdot 9,8} = 1,70 \text{ m}$$

6) Desprezando as perdas de carga na sucção e no bocal de saída, a carga H da bomba.

Conforme a equação da energia (eq. 8.49 dividida pela gravidade)

$$\left(\frac{p_1}{\rho g} + \alpha_1 \frac{V_1^2}{2g} + z_1 \right) - \left(\frac{p_2}{\rho g} + \alpha_2 \frac{V_2^2}{2g} + z_2 \right) = H_{lr} - \Delta H_{bomba}$$

$$\rightarrow \Delta H_{bomba} = \left(\frac{p_2}{\rho g} + \alpha_2 \frac{V_2^2}{2g} + z_2 \right) - \left(\frac{p_1}{\rho g} + \alpha_1 \frac{V_1^2}{2g} + z_1 \right) + H_{lr}$$

Podemos considerar que a pressão no ponto 1 e 2 é atmosférica (pressão manométrica zero).

Para escoamentos turbulentos $\alpha \cong 1$.

A diferença $z_2 - z_1$ corresponde ao desnível total de 20 m.

A perda de carga total H_{lr} será a soma da distribuída com localizada (maior com a menor):

$$H_{lr} = H_l + H_{l_m} = 1,66 + 1,70 = 3,36 \text{ m}$$

Então

$$\Delta H_{bomba} = \frac{\bar{v}_2^2 - \bar{v}_1^2}{2g} + (z_2 - z_1) + H_{lr} = \frac{(30)^2 - (3,51)^2}{2 \cdot 9,8} + 20 + 3,36 = 69 \text{ m}$$

7) A potência hidráulica, conforme a equação 10.3a.

$$\dot{W}_h = \rho g H_{bomba} Q = 1000 \cdot \frac{230}{3600} \cdot 9,8 \cdot 69 = 43 \text{ kW} = 58 \text{ cv}$$

8) A velocidade específica da bomba, conforme a equação da figura 10.9.

$$N_{su} = \frac{N(\text{rpm}) [Q(\text{m}^3/\text{h})]^{1/2}}{[H(\text{m})]^{3/4}} = \frac{3500 \cdot (230/3600)^{1/2}}{(69)^{3/4}} = 37$$

9) Com base no gráfico da Fig. 10.9 do livro, estime a eficiência da bomba.

Com base na figura e o valor calculado no item anterior, estima-se uma eficiência $\eta = 70\%$.

10) A potência mecânica que deve ser entregue pelo motor para bomba, conforme a equação 10.3c.

$$\dot{W}_m = \frac{\dot{W}_h}{\eta} = \frac{43000}{0,7} = 61 \text{ kW} = 83 \text{ cv}$$



do do bocal de saída.

$$A \rightarrow A = \frac{Q}{V} = \frac{230}{3600} = 2,13 \cdot 10^{-3} \text{ m}^2$$

$$A = \frac{\pi D^2}{4} \rightarrow D = \sqrt{\frac{4A}{\pi}} = \sqrt{\frac{4 \cdot (2,13 \cdot 10^{-3})}{\pi}} = 0,052 \text{ m} = 50 \text{ mm}$$

O diâmetro comercial mais próximo é de 2" (≅ 50 mm).

2) A velocidade na tubulação de recalque.

Conforme enunciado, o diâmetro na tubulação de recalque é de 6", portanto

$$A_r = \frac{\pi D_r^2}{4} = \frac{\pi (6 \cdot 0,0254)^2}{4} = 0,0182 \text{ m}^2$$

A velocidade média na tubulação de recalque será então

$$\bar{v} = \frac{Q}{A_r} = \frac{230/3600}{0,0182} = 3,51 \text{ m/s}$$

O número de Reynolds e classifique o escoamento.

$$Re = \frac{\rho \bar{v} D}{\mu} = \frac{1000 \cdot 3,51 \cdot (6 \cdot 0,0254)}{10^{-3}} = 5,34 \cdot 10^5$$

Portanto, trata-se de um escoamento interno, turbulento, incompressível e viscoso.

CAPACITAÇÃO DE PROFESSORES

Seminários e oficinas presenciais e online

Capacitação em *Flipped Classroom* e Metodologias Ativas

Oficinas de trabalho sob demanda para docentes

E TAMBÉM CURSOS ONLINE:



Didática Geral

- ◆ Uma breve história das formas de ensinar
- ◆ A didática na formação do educador
- ◆ Relação entre professor e aluno
- ◆ Planejamento educacional
- ◆ Seleção e organização de conteúdos
- ◆ Métodos de ensino
- ◆ Ambientes de Aprendizagem e Recursos Instrucionais
- ◆ Tecnologia na Educação: Novos desafios para a didática
- ◆ Avaliação da Aprendizagem Escolar



Revolucionando a Sala de Aula

- ◆ Storytelling
- ◆ Saliva e giz
- ◆ Método do estudo de caso - como aplicar
- ◆ Problemas problemas problemas - "problem based learning"
- ◆ Vestindo a camisa - roleplay
- ◆ Oratória e escutatória - GVGO
- ◆ Viagem para o mundo real - visita técnica

OBJETOTECA:
QUE CONTEÚDOS
A **IES** DESEJA?



Disciplinas Online



Livros online



**Exercícios (Perguntas e Respostas)
com mapeamento do conhecimento**



Trilhas de Aprendizagem



Estudos de casos



Capacitação de professores



Serviços de acompanhamento



Customização



Outros

Casos Práticos:

A experiência do Mackenzie e do IME

Pré-Cálculo, Fenômenos de Transporte e Química Geral

PASSO

01



LER AS INSTRUÇÕES DA SEMANA

[Leitura obrigatória]

PASSO

02



ASSISTIR AOS VÍDEOS

- a) "Definições de uma função de uma variável real"
- b) "Gráficos de uma função de uma variável real"
- c) "Função constante, linear e afim"
- d) "Função quadrática"

PASSO

03



LER SOBRE FUNÇÕES

Pág. 40 do E-book

PASSO

04



RESOLVER OS EXERCÍCIOS DO E-BOOK

Pág. 47 [22]

Pág. 48 [36, 42, 56 e 66]

PASSO

05



LER SOBRE PLANO DAS COORDENADAS E OS GRÁFICOS

Pág. 47 [22]

Pág. 48 [36, 42, 56 e 66]

PASSO

10



RESOLVER OS EXERCÍCIOS DO E-BOOK

Pág. 159 [14, 18 e 30]

PASSO

09



LER SOBRE FUNÇÕES QUADRÁTICAS E CÔNICAS

Pág. 146 do E-book

PASSO

08



RESOLVER OS EXERCÍCIOS DO E-BOOK

Pág. 137 [8]

Pág. 138 [30]

Pág. 139 [44, 54]

PASSO

07



LER SOBRE FUNÇÕES LINEARES, QUADRÁTICAS, POLINOMIAIS E RACIONAIS

Pág. 129 do E-book

PASSO

06



RESOLVER OS EXERCÍCIOS DO E-BOOK

Pág. 60 [12, 18, 22]

Pág. 61 [48]

RESULTADO DO MACKENZIE

WEBINAR

ZERO

REPROVAÇÃO

UMA EXPERIÊNCIA EFETIVA EM CÁLCULO

RESULTADO DO IME

QUÍMICA GERAL 1



The background is a solid teal color with a pattern of faint, light-colored mathematical and scientific icons. These include a coordinate plane with axes and arrows, a bar chart, a line graph, a pie chart, a 3D cube, a cylinder, a sphere, a parabola, a sine wave, a calculator, a ruler, a compass, and various numbers and symbols like pi, infinity, and percentages. The icons are scattered across the background, creating a subtle, educational theme.

OBRIGADO